

課題番号：3MF-2204

研究課題名：海面処分場安定化と残留キレート分解に関する研究

研究代表者名：樋口壯太郎（特定非営利活動法人環境技術支援ネットワーク  
以下NPO環境技術支援ネットワーク）

体系的番号：JPMEERF20223M04

重点課題：⑫社会構造の変化に対応した持続可能な廃棄物の適正管理の確保に関する研究・技術開発

行政ニーズ：

研究実施期間：2023年度～2025年度

#### 【研究体制】

サブテーマ1

樋口壯太郎（NPO環境技術支援ネットワーク）

サブテーマ2

為,田一雄(福岡大学)

劉 佳星(福岡大学令和5年度)

# 1.研究背景、研究開発目的及び研究目標

## 【研究背景】

国土が狭く最終処分場用地の確保が困難な我が国は焼却等中間処理による減容化、無害化を図ったのちに残渣を埋立処分することを廃棄物管理の基本としてきた。その結果、最終処分場の課題として、焼却施設で用いられる排ガス処理薬剤や飛灰安定化剤の影響により、最終処分場は高塩類、高アルカリ環境およびキレート由来難分解性物質により、浸出水の安定化が遅れ、廃止が遅れている。特に海面処分場においては埋立終了後もpH低下が遅く、キレート由来のCOD、T-Nの余水処理阻害を起こしている。この結果、埋立終了後も廃止時期の目途が立っていない。

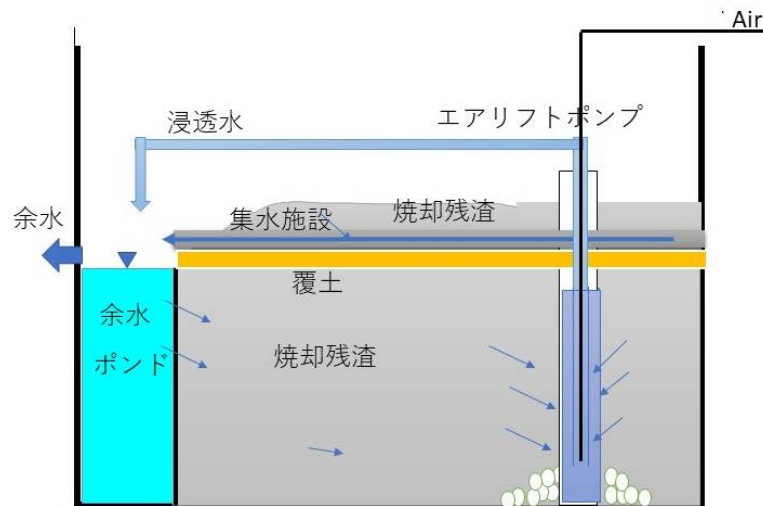
## 【研究開発目的】

1. 海面処分場の早期安定化、特にpH低下方法の技術の開発を行う。
2. 残留キレートおよびキレート由来のCOD, T-N処理技術の開発を行う。

# 1.研究背景、研究開発目的及び研究目標

## 【研究目標（全体目標）】

1. 海面処分場安定化対策としてエアリフトポンプにより、余水と浸透水を循環させ、浸透水と余水の安定化を図る。その際、空気供給により中性化を図りpH低下を行う。
2. 残留キレートおよびキレート由来のCOD, T-Nの分解技術の開発を行う。  
(処理目標は残留キレート:0.1mg/L, COD;20mg/L以下、T-N:10mg/L以下)



余水と浸透水の循環イメージ



模擬埋立槽による実験



電気分解実験機

## 2.研究目標の進捗状況

### (1) 進捗状況に対する自己評価 (サブテーマ1)

#### サブテーマ1. 海面処分場の早期安定化

##### 【サブテーマ1の研究目標】

- ・海面処分場安定化のためにエアリフトポンプ等により取水、循環、空気供給による中性化が進行し、水面下の安定化が進むこと。
- ・安定化を進行させるための揚水ピットの配置、エアリフトポンプ規模設定の目安をつける。

##### 【令和4年度研究計画】

海面処分場模擬埋立層3基、6槽を設置し、飛灰安定化剤の異なる (PIP, DTC, 無機リン系) 焼却残渣 (排ガス脱塩剤: 高反応石灰) を充填し、人工散水を行い、従来型 (エアリフトなし) と循環型 (エアリフトあり) の余水、浸透水の水質低減化傾向を確認する。

## 2.研究目標の進捗状況

### (1) 進捗状況に対する自己評価 (サブテーマ1)

#### 【令和5年度研究計画】

海面処分場模擬埋立層3基、6槽を設置し、飛灰安定化剤の異なる(PIP, DTC, 無機リン系)焼却残渣(排ガス脱塩剤:重曹)を充填し、人工散水を行い、従来型(エアリフトなし)と循環型(エアリフトあり)の余水、浸透水の低減化を行う。また余水、浸透水のバイオアッセイ調査を行う。

#### 【令和6年度研究計画】

水質低減化状況から人工降水量を増加させ促進実験を行い、各実験槽の評価を行い揚水ピットの配置、エアリフトポンプ規模設定の目安をつける。実験槽を解体し、物質収支計算を行い、フィールドへの適用性の検討を行う。

**【自己評価】 計画通り進展している。**

## 2. 研究目標の進捗状況

### (2) 自己評価に対する具体的な理由・根拠と目標達成の見通し (サブテーマ1)

#### 【具体的な理由・根拠】

令和4年度は余水、浸透水等のデータ取得が進み、循環型（エアリフトポンプ設置）と従来型（エアリフトポンプなし）の余水及び浸透水の水質データより、水質混合および低下傾向がみられた。

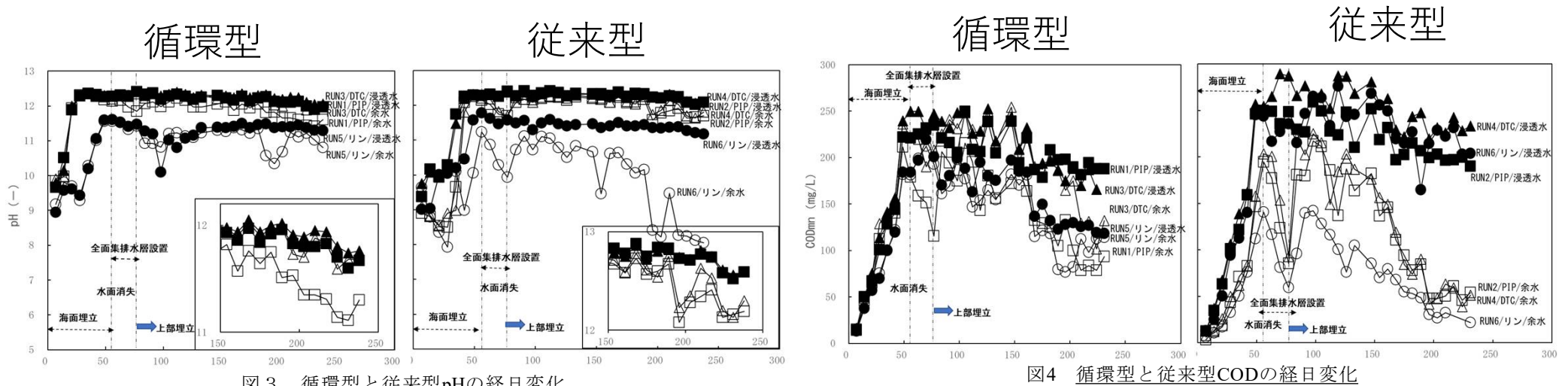


図3 循環型と従来型pHの経日変化

図4 循環型と従来型CODの経日変化

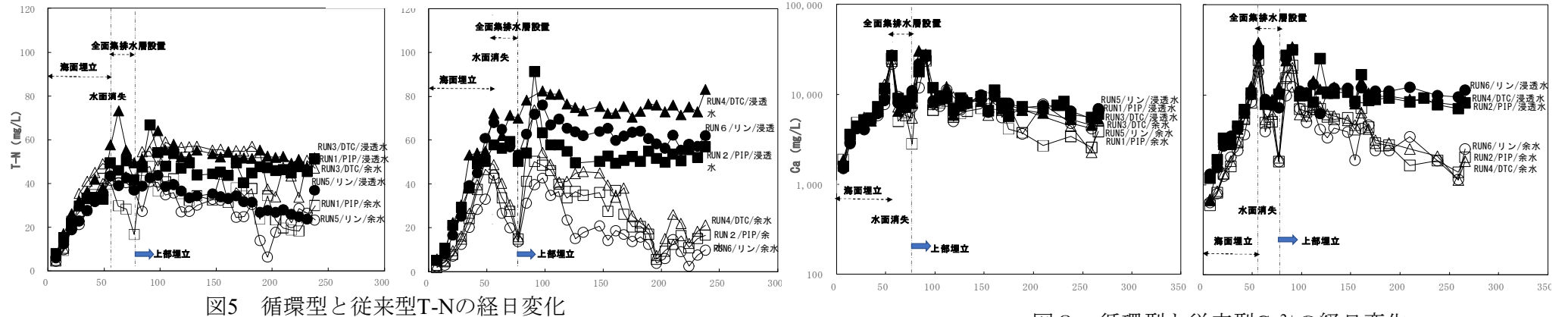


図5 循環型と従来型T-Nの経日変化

図8 循環型と従来型Ca<sup>2+</sup>の経日変化

#### 【目標達成の見通し】

見通しあはあ。 (さらに長期的水質データにより、明確に安定化に効果のあることを検証する。)

## 2.研究目標の進捗状況

### (1) 進捗状況に対する自己評価 (サブテーマ2)

#### サブテーマ1. 残留キレート分解

##### 【サブテーマ1の研究目標】

- ・ 残留キレートおよびキレート由来のCOD, 窒素の分離、分解技術の確立を行う。
- ・ 上記技術により分離、分解された処理水が生物学的に安全であることを検証する。

##### 【令和4年度研究計画】

- ・ キレート剤を人工海水 (Cl-濃度1, 2, 3%) に溶解させオゾン、逆浸透膜、電気透析膜法、ゼオライト吸着処理を行う。
- ・ 脱塩剤の異なる浸出水を用いてキレートによる不溶化処理を行い、処理実験を行う。

##### 【令和5年度研究計画】

- ・ 令和4年度の継続実験
- ・ サブテーマ1で得られた余水、浸透水を用いて処理実験を行う。
- ・ 実処分場浸出水を用いて実験を行う。

##### 【令和6年度研究計画】

- ・ 処理効率の最もよい方法について処理実験を行い、原水、処理水のバイオアッセイ調査を行う。
- ・ 経済性評価等を行う。

**【自己評価】 計画以上の進展がある。**

## 2.研究目標の進捗状況

### (2) 自己評価に対する具体的な理由・根拠と目標達成の見通し (サブテーマ2)

#### 【具体的な理由・根拠】

令和4年度は模擬余水を用いて無隔膜電気分解実験を行い、電圧、電流値を上げることにより、分解が可能であることを見出した。電気的に残留キレート、CODが分解できるのは新規性があり特許出願中

#### 【目標達成の見通し】

実際の余水、浸透水を用いてスケールアップ実験を行うことと、低濃度域のCl<sup>-</sup>濃度時に電極に与える影響を検証把握することにより実用化が可能。



### 3.研究成果のアウトカム（環境政策等への貢献）

#### 【行政等が活用することが見込まれる成果】

海面処分場の廃止は上部余水が排水基準に達したら、廃止を行う方向性となっている。すなわち下部浸漬層は汚濁物が安定化しないまま封じ込めを行う方向である。しかし、余水については高pH状態が継続し、排水基準値に達するまで数十年を要するといわれている。この原因は前述した埋立地の構造、下部集水施設がないことと焼却施設排ガス処理に石灰が使用されていることに起因している。さらに飛灰の安定化剤に使用されている有機キレート剤は難分解性COD,T-N源となっていることも原因である。このように海面処分場には石灰系脱塩剤や有機キレート剤は埋立層の安定化阻害要因となっている。このためフェニックスのような広域海面処分場においては脱塩剤に石灰系を使用し、飛灰安定化剤に有機キレート使用している灰は受け入れ単価を高く設定し、脱塩剤にナトリウム系を使用し、飛灰安定化剤に無期系薬剤を使用している場合は単価を下げる等の措置により、受け入れ廃棄物の質の制御と誘導を行うことにより、海面処分場の適正管理が可能となる。一方で排ガス脱塩剤に湿式水酸化ナトリウムを用いる場合には、洗煙排水は下水道に放流されるため、海面処分場におけるpH問題はない。

このように廃棄物処理施設が建設し始めて50年以上経過した現在。最終処分不適物が出現し、海面処分場に限らず支障をきたしている。すなわち廃棄物管理システムが機能しておらず見直す必要がある。個別の技術が廃棄物管理システム全体に及ぼす影響についてテクノロジーアセスメントを実施する必要がある。

#### 【行政等が既に活用した成果】

「特に記載すべき事項はない。」

## 4.研究成果の発表状況

### 【誌上発表（査読あり：1件）】

#### 【サブテーマ2】

- 1) 劉佳星、重松幹二、為, 田一雄、樋口壯太郎：廃棄物資源循環学会論文誌 一般社団法人廃棄物資源循環学会 (Vol.33、PP.235-241) (2022.11) 浸出水中の難分解性有機物の電気分解処理に関する研究

### 【口頭発表（学会等）：8件】

#### 【サブテーマ1】

- 1) 兪靈傑、為, 田一雄、劉佳星、樋口壯太郎、第44回全国都市清掃研究事例発表会 (PP. 286-288) (2023.1) エアリフトポンプ工法による海面処分場の早期安定化に関する研究
- 2) 兪靈傑、為, 田一雄、劉佳星、重松幹二、樋口壯太郎、福岡大学産学官連携研究機関資源循環・環境制御システム研究所令和4年度成果発表会成果報告書 (pp17-22) (2023.5) エアリフトポンプ工法による海面処分場の早期安定化に関する研究
- 3) 兪靈傑、為, 田一雄、劉佳星、樋口壯太郎、第34回廃棄物資源循環学会研究発表会、海面処分場安定化に関する研究 (2023.9発表予定)

#### 【サブテーマ2】

- 1) 劉佳星、兪靈傑、重松幹二、為, 田一雄、内田正信、樋口壯太郎、第44回全国都市清掃研究事例発表会 (PP. 271-273) (2023.1) 浸出水中の残留キレート対策と分析方法に関する研究
- 2) 劉佳星、兪靈傑、潘劍磊、重松幹二、為, 田一雄、樋口壯太郎、第33回廃棄物資源循環学会研究発表会 (PP. 419-420) (2022.9.21) 電気透析装置による残留キレート分解に関する研究 (その4)
- 3) 劉佳星、重松幹二、樋口壯太郎、福岡大学産学官連携研究機関資源循環・環境制御システム研究所令和4年度成果発表会成果報告書 (pp11-16) (2023.5) 難分解性有機物の電気分解処理に関する研究
- 4) 劉佳星、兪靈傑、潘劍磊、重松幹二、為, 田一雄、樋口壯太郎、第34回廃棄物資源循環学会研究発表会 浸出水の電氣的処理に関する研究 (2023.9.21発表予定)
- 5) 樋口壯太郎：第34回廃棄物資源循環学会研究発表会、最終処分から提言する廃棄物管理システム、(2023.9.21発表予定)

## 4.研究成果の発表状況

### 【知的財産権：1件】

1) 樋口壯太郎、劉佳星、為田一雄：「被処理水の処理方法、キレート剤由来物質の分解装置および浄化処理システム」、特願2022-170091

### 【国民との科学・技術対話：0件】

特に記載すべき事項はない

## 5.研究の効率性

### サブテーマ1

本研究の目的は海面処分場安定化のためにエアリフトポンプにより余水と浸透水の循環による浸透水の安定化、および空気供給による中性化が進行し水面下の安定化進行が進むこととしている。初年度ではあるが循環型では余水と浸透水の循環が進み、水面下の浸透水の安定化に効果がある傾向がみられた。またエアリフトにより供給される空気により循環型と従来型を比較すると循環型のpHはやや低下傾向にある。中性化が進めば $\text{CaCO}_3$ として $\text{CO}_2$ が固定されるが、Caスケールによる閉塞が懸念されるが、エアリフトポンプ空気吐出口の酸洗浄（1回/月）により、稼働停止等の問題は生じなかった。今後のデータ蓄積によりエアリフトポンプの配置密度、空気量等から実施への応用方法の検討を行う。

これらのことから研究は計画通り進展している。

また次年度はさらに実証槽3槽を増設し、飛灰脱塩剤に乾式ナトリウムを用いている焼却残渣による実証を行う。



### サブテーマ2

残留キレートおよびキレート由来のCOD,T-N(Org-N)の分解は電氣的な方法が最も除去率が高いことがわかった。電氣的処理には電解質が必要であるが海面処分場の場合は $\text{Na}^+$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{K}^+$ 等電解質であるため効率よく処理が可能となる。これらのことから研究は計画以上の進展が得られた。令和4年度は人工海水（ $\text{Cl}^-$ 濃度1%）の模擬浸出水（余水）を用いたが令和5年度以降は実余水または浸出水を用い、よりスケールアップした実証実験を行い、従来の余水処理工程とエネルギー消費面での比較を実施する。